



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

⑪ CH 668 505 A5

⑤① Int. Cl. 4: H 01 L 29/743
H 01 L 29/06

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ **PATENTSCHRIFT** A5

⑫① Gesuchsnummer: 1237/85

⑫② Anmeldungsdatum: 20.03.1985

⑫④ Patent erteilt: 30.12.1988

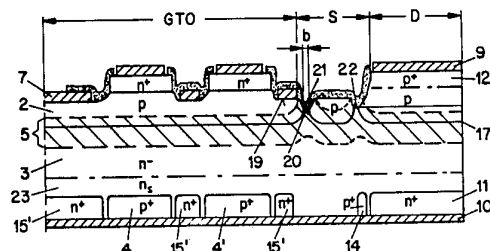
⑫⑤ Patentschrift
veröffentlicht: 30.12.1988

⑦③ Inhaber:
BBC Aktiengesellschaft Brown, Boveri & Cie.,
Baden

⑦② Erfinder:
Jaecklin, André, Ennetbaden

⑤④ **Halbleiterbauelement.**

⑤⑦ Es wird eine rückwärtsleitende, ausschaltbare Thyristorstruktur angegeben, die für Ausschaltströme von 20 A ... > 2000A und Sperrspannungen von 600 V ... > 4500 V in der Leistungselektronik zur Ansteuerung elektrischer Fahrzeugmotoren, für Gleichstromsteller, Umrichter, Elektrofilter usw. anwendbar ist. Ein Thyristorbereich (GTO) mit mehreren parallelgeschalteten, ausschaltbaren Einzelthyristoren ist von einem Diodenbereich (D) durch eine Schutzzone (S) getrennt und elektrisch weitgehend entkoppelt, so dass während der Leitphase der zu den Einzelthyristoren antiparallelen Diode nur wenige freie Ladungsträger in den Thyristor-Bereich gelangen können. Dazu ist der Abstand vom Boden der Aussparung der Schutzzone (S) zu einer Raumladungszone (5) gering gehalten. Vorzugsweise ist ein zweiter pn-Übergang (17) im Bereich der Schutzzone (S) an zwei Stellen (21, 22) bis an dessen Boden (20) geführt. Anodenseitig können mehrere Schutzringe (14, 15) vorgesehen sein, um das Abschalten der GTO-Thyristoren zu erleichtern.



PATENTANSPRÜCHE

1. Halbleiterbauelement mit mindestens einer Thyristorstruktur, die mindestens vier Ladungsträgerschichten (1-4) abwechselnden ersten Leitungstyps (n) und zweiten Leitungstyps (p) aufweist, von denen eine erste äussere Ladungsträgerschicht eine Kathode (1, 1') und eine zweite äussere Ladungsträgerschicht eine Anode (4, 4') bilden, mit einer Steuerelektrode (7) an einer ersten inneren Ladungsträgerschicht (2), die längs einer ersten Schichtseite an die erste äussere Ladungsträgerschicht angrenzt, mit einer zweiten inneren Ladungsträgerschicht (3), die an eine zweite Schichtseite der ersten inneren Ladungsträgerschicht angrenzt, mit mindestens einer Diodenstruktur (D), die von dieser mindestens einen Thyristorstruktur durch eine Schutzzone (S) beabstandet ist, und mit einer Raumladungszone (5) beidseits eines pn-Übergangs (17) von der ersten inneren Ladungsträgerschicht (2) zu der zweiten inneren Ladungsträgerschicht (3), die sich von dem Bereich der Thyristorstruktur bis in den Bereich der Diodenstruktur erstreckt, dadurch gekennzeichnet, dass die Thyristorstruktur die Struktur eines ausschaltbaren Thyristors (GTO) aufweist, dass die Raumladungszone (5) längs des genannten pn-Übergangs (17) im Bereich der Schutzzone (S) an eine erste Oberfläche (20) dieser Schutzzone geführt ist und dass die erste Oberfläche der Schutzzone mit einer Passivierungsschicht (6) überzogen ist.

2. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der genannte pn-Übergang (17) an mindestens einer Schutzonenkontaktstelle (21, 22) an die erste Oberfläche (20) der Schutzzone (S) geführt ist.

3. Halbleiterbauelement nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

a) dass der genannte pn-Übergang (17) an zwei Schutzonenkontaktstellen (21, 22) an die erste Oberfläche (20) der Schutzzone (S) geführt ist,

b) dass die Breite (b) der Schutzonenkontaktstelle (21, 22) im Bereich bis zu 300 µm liegt,

c) insbesondere, dass diese Breite (b) im Bereich bis zu 100 µm liegt.

4. Halbleiterbauelement nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den beiden Schutzonenkontaktstellen (21, 22) längs eines Teilbereichs der ersten Oberfläche (20) der Schutzzone (S) die Raumladungszone (5) von dieser ersten Oberfläche (20) beabstandet ist.

5. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

a) dass der genannte pn-Übergang (17) so tief unterhalb der ersten Oberfläche (20) der Schutzzone (S) liegt, dass die Feldstärke (E_0) zumindest über eine Teilbreite (x) der Schutzzone $< 10^5$ V/cm ist, wobei die Teilbreite annähernd gleich der gesamten Breite (s) der Schutzzone ist,

b) insbesondere, dass die Feldstärke $< 2 \cdot 10^4$ V/cm ist.

6. Halbleiterbauelement mit mindestens einer Thyristorstruktur, die mindestens vier Ladungsträgerschichten (1-4) abwechselnd ersten Leitungstyps (n) und zweiten Leitungstyps (p) aufweist, von denen eine erste äussere Ladungsträgerschicht eine Kathode (1, 1') und eine zweite äussere Ladungsträgerschicht eine Anode (4, 4') bilden, mit einer Steuerelektrode (7) an einer ersten inneren Ladungsträgerschicht (2), die längs einer ersten Schichtseite an die erste äussere Ladungsträgerschicht angrenzt, mit einer zweiten inneren Ladungsträgerschicht (3), die an eine zweite Schichtseite der ersten inneren Ladungsträgerschicht angrenzt, mit mindestens einer Diodenstruktur (D), die von dieser mindestens einen Thyristorstruktur durch eine Schutzzone (S) beabstandet ist, und mit einer Raumladungszone (5) beidseits eines pn-Übergangs (17) von der ersten inneren Ladungsträgerschicht (2) zu der zweiten inneren Ladungsträgerschicht (3), die sich von dem Bereich der Thyristorstruktur bis in den Bereich der Diodenstruktur erstreckt, dadurch gekennzeichnet, dass die Thyristorstruktur die Struktur eines aus-

schaltbaren Thyristors (GTO) aufweist und dass eine erste Oberfläche (20) des Halbleiterbauelements im Bereich der Schutzzone (S) von der Raumladungszone (5) längs des genannten pn-Übergangs (17) einen Abstand (c) im Bereich von 1 µm bis 30 µm aufweist.

7. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet,

a) dass die erste Oberfläche (20) der Schutzzone (S) bezüglich der ersten äusseren Ladungsträgerschicht (1, 1') des Thyristors mindestens ebenso tief liegt wie die Oberfläche (19) eines Steuerelektrodenbereiches, auf dem die Steuerelektrode (7) aufgebracht ist, und

b) dass mindestens ein Steuerelektrodenbereich an die Schutzzone (S) lateral angrenzt.

8. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Vertiefung (a) der ersten Oberfläche des Halbleiterbauelements im Bereich der Schutzzone (S) im Bereich von 10 µm bis 100 µm liegt.

9. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet,

a) dass zumindest im Bereich zwischen einer Steuerelektrode (7) und der benachbarten ersten äusseren Ladungsträgerschicht (1, 1') eine Passivierungsschicht (6) vorgesehen ist,

b) insbesondere, dass die Passivierungsschicht Polyamid enthält.

10. Halbleiterbauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet,

a) dass die Ladungsträgerlebensdauer im Bereich der Diodenstruktur (D) kürzer ist als im Bereich der Thyristorstruktur (GTO),

b) dass in dem äusseren Bereich der Schutzzone (S), der sich zwischen einer GTO-Thyristor-Anode (4) und einer Dioden-Kathode (11) befindet, in geringem Abstand zur Dioden-Kathode (11) eine hoch p-dotierte Elektronenfangzone (14) vorgesehen ist,

c) insbesondere, dass im inneren Bereich der Schutzzone (S) in geringem Abstand zur GTO-Thyristor-Anode (4) eine hoch n-dotierte Defektelektronenfangzone (15) vorgesehen ist.

BESCHREIBUNG

Bei der Erfindung wird ausgegangen von einem Halbleiterbauelement nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 und 6.

Mit diesem Oberbegriff nimmt die Erfindung auf einen Stand der Technik Bezug, wie er in der CH-PS 594 989 beschrieben ist. Dort ist ein rückwärtsleitender Thyristor angegeben, der einen Thyristor und eine antiparallele Diode auf einer Siliziumscheibe vereinigt. Die gegenseitige Beeinflussung der beiden Komponenten wird durch spezielle Schutzringe im Bauelement vermieden.

Derartige rückwärtsleitende Thyristoren werden in der Leistungselektronik für Gleichstromsteller, Umrichter, unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlagen, Elektrofilter usw. verwendet, vgl. die Schweizer Firmenzeitschrift Brown Boveri Mitteilungen 1 (1979), S. 5-10. In allen Fällen, in denen eine induktive Last, z.B. ein Motor auf dem Gebiet der Traktion, angesteuert wird, ist ein Strompfad in Gegenrichtung zur Durchlassrichtung des Thyristors vorzusehen. Nachteilig dabei ist, dass konventionelle Thyristoren in zwangskommutierten Schaltungen zum Abschalten eine Kommutierungsschaltung erfordern.

Aus Hitachi Review, Vol. 31 (1982) Nr. 1, S. 23-27 ist es bekannt, ausschaltbare, d.h. GTO (Gate Turn-Off)-Thyristoren anstelle der konventionellen Thyristoren einzusetzen.

GTO-Thyristoren sind in einem sehr breiten Bereich von

Ausschaltströmen (20 A ... > 2000 A) und Spannungen (600 V ... > 4500 V) erhältlich, vgl. IEEE Transaction on Electron Devices, Vol. ED-31, Nr. 12, Dez. 1984, S. 1681-1686.

Wird ein GTO-Thyristor antiparallel zu einer separaten Diode geschaltet, so treten folgende Probleme auf:

- die Streuinduktivität des äusseren Kreises führt zu Überspannungen, die für den GTO-Thyristor schädlich sein können,
- die Diode muss hinsichtlich ihrer Kenndaten an den GTO-Thyristor angepasst sein, was nur in wenigen Fällen garantiert werden kann,
- die Kosten sind relativ hoch.

Die Erfindung, wie sie im Patentanspruch 1 und 6 definiert ist, löst die Aufgabe, einen GTO-Thyristor mit einer antiparallelen Diode in einem Bauelement zu vereinigen und den Steuerstrom des GTO-Thyristors möglichst gut von der Diode zu entkoppeln.

Ein Vorteil der Erfindung besteht darin, dass für den Anwender geringere Kosten resultieren. Die Kosten für ein integriertes Element sind geringer als jene für Thyristor und Diode separat. Montagekosten für eine separate Diode entfallen. Durch die Entkopplung von GTO-Thyristor und Diode wird ein Kathodenkurzschluss vermieden. Gleichzeitig wird gewährleistet, dass während der Leitphase der Diode nur wenige freie Ladungsträger in den Bereich des GTO-Thyristors gelangen, so dass dort Fehlzündungen, die zu einer Zerstörung des Bauelements führen könnten, vermieden werden.

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein scheibenförmiges, rotationssymmetrisches Halbleiterbauelement in Draufsicht,

Fig. 2 einen Querschnitt durch einen Teil des Halbleiterbauelements gemäss Fig. 1 längs der Linie A,

Fig. 3, 4, 6 Querschnitte durch Teile von Halbleiterbauelementen in speziellen Ausbildungen,

Fig. 5 und 7 spezielle Ausbildungen einer Schutzzone zwischen Diode und GTO-Thyristor gemäss Fig. 4 bzw. 6.

In den Figuren sind gleiche Teile mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Die in Fig. 1 nicht massstabsgerecht dargestellte, kreisförmige Halbleiterscheibe weist im Zentrum eine GTO-Steuerelektrode 7 umgeben von einer inerten, elektrisch isolierenden Passivierungsschicht 6 auf, die eine hohe elektrische Feldstärke aushält. Als Passivierungsmaterial wird Polyamid verwendet. Aus dieser Passivierungsschicht 6 ragen in zwei konzentrischen Zonen inselartig zahlreiche GTO-Kathodenelektroden 8 und 8' heraus. Die Länge l der GTO-Kathodenelektroden 8 und 8' liegt im Bereich von 2 mm ... 8 mm, deren Breite m im Bereich von 100 μ m ... 500 μ m, vorzugsweise im Bereich von 200 μ m ... 400 μ m. Der mittlere Abstand t in Kreisumfangsrichtung benachbarter GTO-Kathodenelektroden 8 bzw. 8' liegt im Bereich von 0,3 mm ... 0,5 mm. Der radiale Abstand r zwischen den GTO-Kathodenelektroden 8 und 8', vgl. Fig. 2, liegt im Bereich von 100 μ m ... 1 mm, vorzugsweise im Bereich von 300 μ m ... 500 μ m.

Längs des Aussenumfangs der Halbleiterscheibe befindet sich eine Elektrode 9 einer Dioden-Anode. Zwischen der Elektrode 9 und dem Bereich des GTO-Thyristors befindet sich eine Schutzzone S der Breite s von typischerweise mindestens zwei Trägerdiffusionslängen. Diese Breite s ist so gross zu wählen, dass während der Leitphase der Diode D nur eine geringe Zahl freier Ladungsträger in den Bereich des GTO-Thyristors gelangen. Der radiale Abstand der GTO-Kathodenelektroden 8' von der Schutzzone S liegt im Bereich von 10 μ m ... 1 mm, vorzugsweise im Bereich von 100 μ m ... 300 μ m.

Die Halbleiterscheibe hat einen Durchmesser, je nach der geforderten maximalen Ausschaltstromstärke, im Bereich von 10 mm ... 100 mm und eine Dicke, je nach geforderter Sperrspannung, im Bereich von 200 μ m ... 1,5 mm.

Der in Fig. 2 schematisch dargestellte Querschnitt längs der Linie A in Fig. 1 von der Mitte der Halbleiterscheibe bis zu deren rechtem Rand zeigt im linken Teil einen mit GTO bezeichneten Bereich zweier ausschaltbarer Thyristoren, kurz GTO-Bereich genannt, der über die Schutzzone S mit dem Diodenbereich D im rechten Teil in Verbindung steht.

Der GTO-Bereich weist für jeden Thyristor 4 Ladungsträgerschichten abwechselnden Leitungstyps n und p auf, und zwar für jeden Thyristor eine separate hochdotierte n-leitende Emitterschicht bzw. eine n⁺-Emitterschicht 1 bzw. 1' als GTO-Kathodenschicht mit einer Donatorenkonzentration an der Oberfläche im Bereich von 10^{19} cm⁻³ ... 10^{21} cm⁻³, eine für beide Thyristoren gemeinsame mitteldotierte p-leitende p-Basis-schicht 2 mit einer Akzeptorenkonzentration an der Oberfläche im Bereich von 10^{17} cm⁻³ ... 10^{19} cm⁻³, eine für beide Thyristoren gemeinsame niedrigdotierte, n-leitende n⁻-Basisschicht 3 mit einer Donatorenkonzentration im Bereich von 10^{13} cm⁻³ ... 10^{15} cm⁻³ und eine gemeinsame hochdotierte, p-leitende p⁺-Emitterschicht 4 als GTO-Anodenschicht mit einer Akzeptorenkonzentration im Bereich von 10^{18} cm⁻³ ... 10^{20} cm⁻³ an der Oberfläche.

Ein erster pn-Übergang zwischen der n⁺-Emitterschicht 1, 1' und der p-Basisschicht 2 ist mit 16 bezeichnet, ein zweiter pn-Übergang zwischen der p-Basisschicht 2 und der n⁻-Basisschicht 3 mit 17 und ein dritter pn-Übergang zwischen der n⁻-Basisschicht 3 und der p⁺-Emitterschicht 4 mit 18. Eine Raumladungszone zu beiden Seiten des zweiten pn-Übergangs 17 ist mit 5 bezeichnet. Mit 7 ist eine bezüglich der n⁺-Emitterschicht 1 und 1' vertieft liegende Steuerelektrode bezeichnet, welche mit Abstand die GTO-Kathodenelektroden 8 und 8' umgibt. Die Oberfläche 19 des von der Steuerelektroden-schicht 7 überdeckten und kontaktierten Steuerelektrodenbereiches liegt tiefer als der erste pn-Übergang 16.

Die p-Basisschicht 2 und die n⁻-Basisschicht 3 erstrecken sich vom Thyristorbereich GTO über die Schutzzone S in den Diodenbereich D. Die p-Basisschicht 2 bildet dort die Anode der Diodé D, welche eine Elektrodenschicht 9 trägt, die auf gleicher Höhe mit den GTO-Kathodenelektroden 8 und 8' liegt. Die n⁻-Basisschicht 3 grenzt im Diodenbereich D an eine hochdotierte n-leitende n⁺-Diodenschicht, welche die Diodenkathode bildet. Sowohl die p⁺-Emitterschicht 4 des GTO als auch die n⁻-Basisschicht 3 im Bereich der Schutzzone S und die n⁺-Diodenschicht 11 weisen an ihrer Aussenfläche gleiches Niveau auf und sind durch eine allen gemeinsame Metallschicht 10, welche eine erste Hauptelektrode des Halbleiterbauelements bildet, elektrisch kontaktiert.

Alle Elektroden bzw. Elektrodenschichten bestehen aus Aluminium. Selbstverständlich sind zur elektrischen Kontaktierung auch andere Metalle wie Gold, Platin usw. geeignet.

Zwischen der GTO-Steuerelektrodenschicht 7 und den GTO-Kathodenelektroden 8 und 8' sowie der Elektrode 9 der Dioden-Anode ist die Passivierungsschicht 6 aufgebracht. Diese Passivierungsschicht 6 kann die Steuerelektrodenschicht 7, bis auf einen zentralen, für den elektrischen Anschluss vorgesehenen Bereich, überdecken, nicht jedoch die GTO-Kathodenelektroden 8 und 8' sowie die Elektrode 9, da sonst deren gemeinsame elektrische Kontaktierung mit einer als zweite Hauptelektrode dienenden Molybdänschicht 13, vgl. Fig. 2, nicht garantiert wäre. Die Passivierungsschicht 6 kann sicherheitshalber zu den GTO-Kathodenelektroden 8 und 8' sowie zu der Elektrode 9 einen kleinen Abstand aufweisen. Eine Passivierung der Oberfläche 20 im Bereich der Schutzzone ist im Prinzip nicht erforderlich.

Die grösste Tiefe a der Aussparung der Schutzzone S von der Oberfläche der GTO-Kathodenschicht 1 und 1' liegt im Bereich von 10 μ m ... 100 μ m. Die Oberfläche 20 des Schutz-zonenbereiches S liegt etwas tiefer als die Oberfläche 19 des angrenzenden Steuerelektrodenbereiches. Die Raumladungszone 5

hat von der Oberfläche 20 einen Abstand c im Bereich von $1\ \mu\text{m} \dots 30\ \mu\text{m}$, vorzugsweise von $1\ \mu\text{m} \dots 10\ \mu\text{m}$, so dass sie an keinem Punkt der Schutzzone S diese Oberfläche 20 erreicht.

Durch Einbau von Schwermetallatomen wie Gold oder Platin in das Siliziumgrundmaterial des Halbleiterbauelements oder durch Elektronen- oder Gammabestrahlung ist die Ladungsträgerlebensdauer in der Diode vorzugsweise kürzer eingestellt als im Thyristor.

Zur besseren Entkopplung von Diode D und Thyristor GTO können in Bereich der Schutzzone S mit geringem Abstand angrenzend an die n^+ -Diodenschicht 11 und vorzugsweise auch an die p^+ -Emitterschicht 4 ein p^+ -Schutzring 14 und ein n^+ -Schutzring 15 angebracht sein, wie bei der Ausgestaltung gemäss Fig. 3, siehe dort. Wichtig ist, dass die Breite s der Schutzzone S und die durch Ätzen erzeugte Tiefe a der Aussparung der Schutzzone S so gross sind, dass ein unerwünschter Stromanteil von der Steuerelektroden-schicht 7 zur Dioden-Anode beim Zünd- und Löschvorgang des GTO-Thyristors vernachlässigbar klein bleibt.

Eine weitere Verbesserung der Entkopplung von Diode D und GTO-Thyristor wird durch das in Fig. 3 im Querschnitt teilweise dargestellte Halbleiterbauelement erreicht. Hier ist die Raumladungszone 5 längs einer Teilbreite x der Schutzzone S bis an deren Oberfläche 20 geführt, wobei der Abstand d der ungestörten Raumladungszone 5 von der Oberfläche der GTO-Kathodenschicht 1 und 1' bzw. von der Oberfläche einer p^+ -Diodenschicht 12 kleiner ist als die maximale Tiefe a der Aussparung der Schutzzone S. Die Differenz $a - d$ liegt im Bereich von $1\ \mu\text{m} - 30\ \mu\text{m}$, vorzugsweise im Bereich von $1\ \mu\text{m} - 10\ \mu\text{m}$. Die Teilbreite x ist annähernd so gross wie die Breite s der Schutzzone S.

Die im Vergleich zu Fig. 2 tiefere Ausnehmung im Bereich der Schutzzone S wird nach der letzten Hochtemperaturbehandlung des Halbleiterbauelements vorzugsweise durch Ätzen erzeugt.

Der zweite pn-Übergang 17 befindet sich genügend weit unterhalb der tiefstgelegenen Oberfläche 20 des Schutzzonenbereiches, so dass die Feldstärke E_0 unterhalb dieser Oberfläche $20 < 10^5\ \text{V/cm}$, vorzugsweise $< 2 \cdot 10^4\ \text{V/cm}$ ist.

Bei dieser Ausbildung sowie bei den Ausbildungen des Halbleiterbauelements gemäss den Fig. 4-7 ist eine Passivierung durch eine Passivierungsschicht 6 im Bereich der Schutzzone S erforderlich.

Während des Zündvorgangs des GTO-Thyristors wird durch diese Ausgestaltung des Halbleiterbauelements ein parasitärer Steuerelektrodenstrom blockiert. Während des Hauptteiles des Löschvorganges ist ein leitfähiger Kanal vorhanden. Als Nebeneffekt resultiert eine um wenige Prozent reduzierte Sperrspannung des Halbleiterbauelements. Im Diodenbereich kann durch die p^+ -Schicht 12 als Dioden-Anode zwischen der p -Basisschicht 2 und der Elektrode 9 eine verbesserte Ladungsträgerinjektion erreicht werden.

Bei der Ausgestaltung des Halbleiterbauelements gemäss Fig. 4 ist der zweite pn-Übergang 17 im Bereich der Schutzzone S an deren tiefstgelegene Oberfläche 20 geführt. Diese Oberfläche 20 liegt um eine Zusatztiefe bzw. um einen Abstand e im Bereich von $1\ \mu\text{m} \dots 50\ \mu\text{m}$, vorzugsweise im Bereich von $1\ \mu\text{m} \dots 20\ \mu\text{m}$ tiefer als die Oberfläche 19 des Steuerelektrodenbereiches.

Erreicht wird diese Ausbildung des Halbleiterbauelements durch eine homogene Einbringung von Akzeptoren wie Bor, Aluminium oder Gallium in den oberen Bereich der Siliziumscheibe, die später die p -Basisschicht 2 erzeugen soll. Danach wird über die Teilbreite x der Schutzzone S die p -Basisschicht 2 z.B. durch Ätzen abgetragen. Anschliessend wird getempert. Beim Tempern erfolgt eine thermische Diffusion der Akzeptoren der p -Basisschicht, wodurch die gewünschte Tiefe des pn-Übergangs 17 eingestellt wird. Da im Bereich der Aussparung

der Schutzzone S die Akzeptoren entfernt worden sind, wölbt sich der zweite pn-Übergang 17 und die Raumladungszone 5 am Rand der Schutzzone nach oben. Durch anschliessende Ätzung wird die Oberfläche im Steuer-Bereich des GTO-Thyristors und vorzugsweise auch in der Schutzzone mindestens um die Dicke der n^+ -Emitterschicht 1 bzw. 1' auf die Höhe der Oberfläche 19 abgesenkt. Die Teilbreite x der Schutzzone S liegt im Bereich von $0,1\ \text{mm} \dots 1\ \text{mm}$. Für grosse Werte von x ist eine sehr gute Passivierung im Bereich der Schutzzone erforderlich, da die maximale Feldstärke $E_0 \approx 10^5\ \text{V/cm}$ erreichen kann.

Beim Zündvorgang wird ein parasitärer Steuerelektrodenstrom blockiert; beim Löschvorgang wirkt die Schutzzone S wie ein lateraler pnp-Transistor ohne Basisstrom, der einen parasitären Steuerelektrodenstrom blockiert. Als Nebeneffekt resultiert bei grosser Teilbreite x allerdings eine starke Verringerung der Sperrspannung.

Im Anodenbereich des GTO-Thyristors ist die p^+ -Emitterschicht im Steuerelektrodenbereich durch n^+ -Anodenkurzschlusszonen 15' unterbrochen, die das Ausschalten des Thyristors erleichtern.

Diese Anodenkurzschlüsse übernehmen die Funktion des Schutzringes 15 in Fig. 3.

Die Ausbildung des Halbleiterbauelements gemäss Fig. 3 unterscheidet sich von derjenigen der Fig. 4 dadurch, dass sich die Oberfläche 19 im Steuerelektrodenbereich mit der Oberfläche 20 in der Schutzzone S auf gleicher Höhe befindet und der zweite pn-Übergang 17 sowie die Raumladungszone 5 im Bereich der Schutzzone stärker deformiert sind. Dies wird durch eine im Bereich der Schutzzone S maskierte Einbringung von Akzeptoren in die p -Basisschicht 2 und Wegfall des ersten Ätzvorganges erreicht.

Bei der Ausbildung des Halbleiterbauelements gemäss Fig. 6 ist unterhalb der n^- -Basisschicht 3 eine schwachdotierte n_s -Basisschicht 23 mit einer Donatorenkonzentration im Bereich von $10^{14}\ \text{cm}^{-3} \dots 10^{16}\ \text{cm}^{-3}$ vorgesehen. Im Bereich der Schutzzone S sind der zweite pn-Übergang 17 und die Raumladungszone 5 an einer ersten und zweiten Schutzzonenkontaktstelle 21 und 22 jeweils gleicher Breite b an dessen tiefste Oberfläche 20 geführt. Die Breite b hängt von der lateralen Diffusion ab, sie liegt im Bereich bis zu $300\ \mu\text{m}$, vorzugsweise im Bereich bis zu $100\ \mu\text{m}$. Nur im Kontaktbereich der Raumladungszone 5 ist die Oberfläche 20 tieferliegend als die Oberfläche 19 des Steuerelektrodenbereiches, so dass zwischen den Schutzzonenkontaktstellen 21 und 22 ein Teil der p -Basisschicht 2 bis an die Oberfläche der Schutzzone S reicht. Erreicht wird diese Ausbildung durch das im Zusammenhang mit Fig. 4 beschriebene Verfahren, wobei jedoch der erste Abtrag (z.B. durch Ätzen) auf die beiden Schutzzonenkontaktstellen 21 und 22 beschränkt ist.

Der Aufbau der Diodenstruktur entspricht derjenigen von Fig. 3. Die n^+ -Anodenkurzschlusszone 15' im zentralen Bereich des Halbleiterbauelements ist verbreitert gegenüber demjenigen gemäss Fig. 6 und erstreckt sich über den Durchmesser des zentralen Teils der Steuerelektrode 7.

Die Ausbildung des Halbleiterbauelements gemäss Fig. 7 unterscheidet sich von derjenigen gemäss Fig. 6 dadurch, dass sich die Oberfläche 19 im Steuerelektrodenbereich mit der Oberfläche 20 in der Schutzzone S auf gleicher Höhe befindet. Erreicht wird dies wieder wie bei der Ausbildung gemäss Fig. 5 durch maskierte Einbringung der Akzeptoren in die p -Basisschicht 2 und Weglassen des ersten Ätzvorganges.

Anstelle von zwei Schutzzonenkontaktstellen 21 und 22 können auch noch mehrere vorgesehen sein, sie wirken ähnlich wie die aus: Journal of the Japan Society of Applied Physics, Vol. 43, 1974, S. 395-400 bekannte Schutzringstruktur.

Beim Zündvorgang wird ein parasitärer Steuerelektrodenstrom blockiert. Beim Löschvorgang entspricht die Schutzzone mehreren lateralen, in Reihe geschalteten pnp-Transistoren oh-

ne Basistrom, die einen parasitären Steuerelektrodenstrom blockieren. Von Vorteil ist es, dass die Schutzzonenbreite $s \leq 1$ mm gehalten werden kann, so dass nur wenig Halbleiterfläche verloren ist für die Leitung eines elektrischen Stromes. Im Bereich der Schutzzone bleibt die Feldstärke $E_0 \approx 10^4$ V/cm, d.h. die Anforderungen an die Passivierungsschicht 6 sind bescheiden.

Eine Reduktion der Sperrspannung von nur ca. 10% ist erreichbar. Dies kann erwünscht sein, da damit ein gezielter Spannungsdurchbruch unter der Oberfläche erreicht wird, was einer integrierten Schutzfunktion und somit erhöhter Robustheit entspricht.

Es versteht sich, dass anstelle des Diodenbereiches D deren mehrere auf demselben Halbleiterbauelement vorgesehen sein können. Anstelle der in Fig. 1 dargestellten zwei kreisförmigen Zonen mit GTO-Thyristoren können auch drei oder mehr 5 Kreisringzonen mit GTO-Thyristoren vorgesehen sein. Der Halbleiterkörper kann quadratische oder andere Gestalt aufweisen. Die Schutzzone S kann zusätzlich Aussparungen oder Gräben aufweisen. Wichtig ist, dass die Thyristor- und Diodenbe- 10 reiche gut voneinander entkoppelt sind, so dass nur wenig Ladungsträger in die jeweils anderen Bereiche überwechseln können.

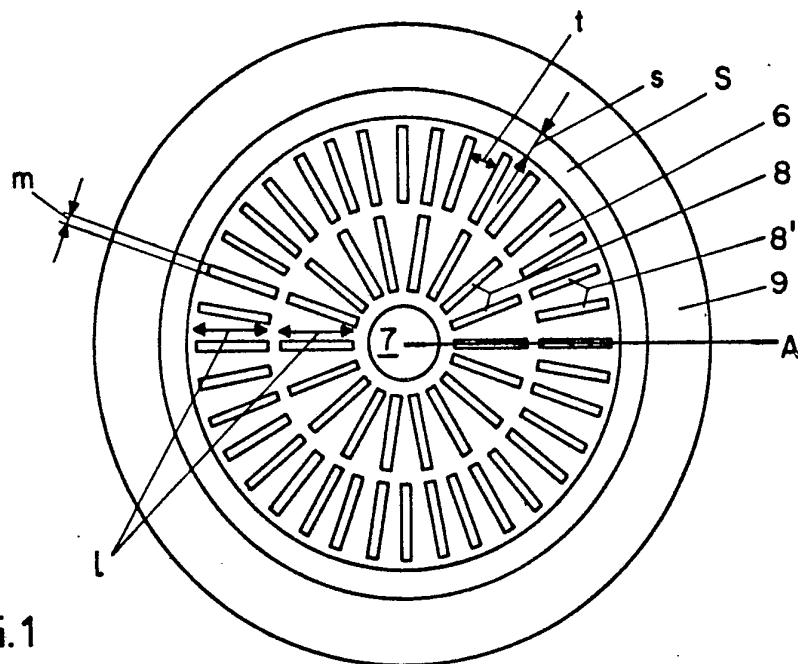


FIG. 1

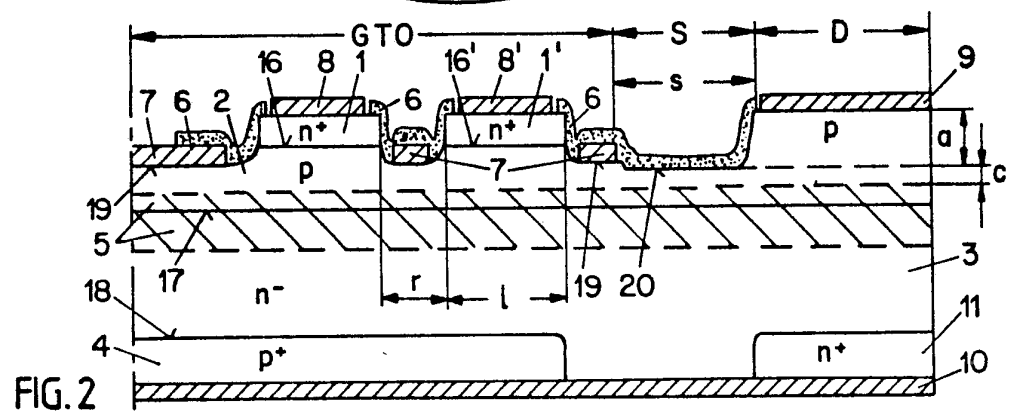


FIG. 2

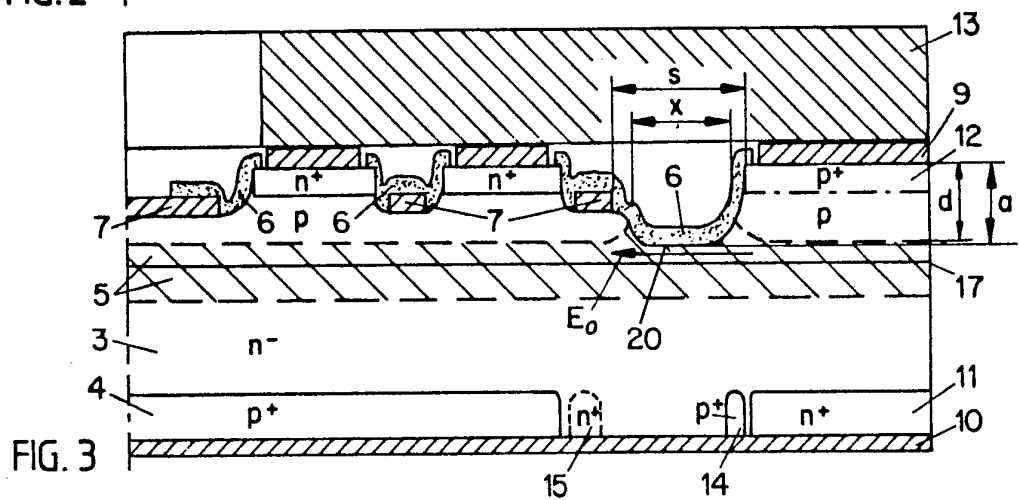


FIG. 3

